

系统科学概论

刘伟 主编

需要全本请访问 www.ertongbook.com

目　录

系统工程的产生与发展.....1
系统工程的含义..... 1
系统工程的发展历史..... 2
定量的系统科学在应用学科层次上的建立 6
现代系统科学体系建立 12
系统科学的发展..... 15
系统的特征..... 17
系统的分类..... 18
系统工程的生命——开放与交流..... 21
系统工程的研究对象..... 23
系统工程的原理和方法..... 26
系统科学中的模型方法..... 28
系统分析过程..... 30
预测分析 31
丰田汽车成功的秘密——系统分析 33
决策支持系统..... 35
系统思想 37
霍尔三维结构..... 37
耗散结构..... 43
电子游戏的系统思想..... 48
数学题里的系统原理..... 50
拿破仑的系统思想..... 52
耗散结构论..... 54
突变论..... 55
协同学..... 57
田忌赛马——对策论..... 59
希特勒的失败——决策论..... 61

系统工程案例 64
丁渭造宫与系统工程 64
系统工程就在我们身边 69
电话系统 72
交通系统 72
“T”型人才 74
“鱼网”的科学原理 75
“阿波罗”登月计划 79
整数规划模型 81
系统工程的妙用 84
植树问题 84
著名的哥尼斯堡七桥问题 86
架设电话线的“树” 87
泡茶与导弹 90
系统科学与中国特色社会主义事业 91
军事系统工程 112
城市系统工程 114
农业系统工程 117
可口可乐公司铤而走险 119
系统科学与组织修养 127
中国系统科学思想家 143
钱学森 143
方福康 145
宋健 146
姜璐 148

系统工程的产生与发展

系统工程的含义

系统工程在系统科学结构体系中,属于工程技术类，它是一门新兴的学科，国内外有一些学者对系统工程的含义有过不少阐述，但至今仍无统一的定义。1978 年我国著名学者钱学森指出:"系统工程是组织管理系统的规划、研究、设计、制造、试验和使用的科学方法，是一种对所有系统都具有普遍意义的方法"。1977 年日本学者三浦武雄指出:"系统工程与其他工程学不同之点在于它是跨越许多学科的科学，而且是填补这些学科边界空白的一种边缘学科。因为系统工程的目的是研制一个系统，而系统不仅涉及到工程学的领域，还涉及社会、经济和政治等领域,所以为了适当地解决这些领域的问题，除了需要某些纵向技术以外，还要有一种技术从横的方向把它们组织起来，这种横向技术就是系统工程"。1975 年美国科学技术辞典的论述为:"系统工程是研究复杂系统设计的科学，该系统由许多密切联系的元素所组成。设计该复杂系统时，应有明确的预定功能及目标，并协调各个元素之间及元素和整体之间的有机联系，以使系统能从总体上达到最优目标。在设计系统时，要同时考虑到参与系统活动的人的因素及其作用。"从以上各种论点可以看出，系统工程是以大型复杂系统为研究对象，按一定目的进行设计、开发、管理与控制，以期达到总

体效果最优的理论与方法。系统工程是一间工程技术，用以改造客观世界并取得实际成果，这与一般工程技术问题有共同之处。但是，系统工程又是一类包括了许多类工程技术的一大工程技术门类，与一般工程比较，系统工程有三个特点：

(1)研究的对象广泛，包括人类社会、生态环境、自然现象和组织管理等。

(2)系统工程是一门跨学科的边缘学科。不仅要用到数、理、化、生物等自然科学，还要用到社会学、心理学、经济学、医学等与人的思想、行为、能力等有关的学科，是自然科学和社会科学的交叉。因此，系统工程形成了一套处理复杂问题的理论、方法和手段，使人们在处理问题时，有系统的整体的观点。

(3)在处理复杂的大系统时,常采用定性分析和定量计算相结合的方法。因为系统工程所研究的对象往往涉及到人，这就涉及到人的价值观、行为学、心理学、主观判断和理性推理，因而系统工程所研究的大系统比一般工程系统复杂得多，处理系统工程问题不仅要有科学性，而且要有艺术性和哲理性。

系统工程的发展历史

系统工程作为一间科学技术虽然形成于本世纪中叶，但系统工程的思想方法和实际应用可追溯到远古时代。中华民族的祖先在了解和改造自然的辛勤实践和大量的社会活动中,早有许多朴素的系统概念和应用实例。在军事方面，早在公元前 500 年的春秋时期，就有著名的军事家孙武写出了"孙子兵法"十三篇，指出战争中的

需要全本请访问 www.ertongbook.com

战略和策略问题，如进攻与防御、速决和持久、分散和集中等之间的相互依存和相互制约的关系，并依此筹划战争的对策，以取得战争的胜利。其著名论点，"知已知彼，百战不殆"，"以我之长，攻敌之短"等，不仅在古代，而且在当代的战争中都有指导意义，在当今激烈的国际市场竞争和社会经济各个领域的发展中，这些论断也有现实意义。战国时期，著名军事家孙膑继承和发展了孙武的学说，著有"孙膑兵法"，在齐王与田忌赛马中，孙膑提出的以下、上、中对上、中、下对策，便处于劣势的田忌战胜齐王，这是从总体出发制定对抗策略的一个著名事例。在水利建设方面，战国时期，秦国太守李冰父子主持修建了四川都江堰工程。这一伟大水利工程巧妙地将分洪、51 水和排沙结合起来，使各部分组成一个整体，实现了防洪、灌溉、行舟、漂木等多种功能，至今，该工程仍在发挥着重大的经济效益，是我国古代水利建设的一大杰出成就。在建设施工方面，北宋真宗年间，皇城失火，宫殿烧毁，大臣丁谓主持了皇宫修复工程。他采用了一套综合施工方案，先在需要重建的通衢大道上就近取土烧砖,在取土后的通衢深沟中引入汴水，形成人工河，再由此水路运人建筑材料，从而加快了工程进度。皇宫修复后，又将碎砖废土填入沟中，重修通衢大道。使烧砖、运输建筑材料和处理废墟三项繁重工程任务协调起来，从而在总体上得到了最佳解决，一举三得，节省了大量劳力、费用和时间。在医学、农业等方面，我国古代也有许多著名学者用朴素的系统思想和方法取得了伟大成就，这些都为我们今天研究和发展系统工程的理论体系，提供了宝贵的借鉴和重要的启示。近代科学技术的发展,特别是计算机的出现和广泛使用，

使系统工程在世界范围内迅速发展起来，许多国家有不少成功的重大研究成果。第一次提出"系统工程"这一名词的是 1940 年在美国贝尔电话公司试验室工作的 E．C·莫利纳(E·C·Molina)和在丹麦哥本哈根电话公司工作的 A·K，厄朗(A·K，Erlang)，他们在研制电话自动交换机时，意识到不能只注意电话机和交换台设备技术的研究，还要从通信网络的总体上进行研究。他们把研制工作分为规划、研究、开发、应用和通用工程等五个阶段，以后又提出了排队论原理，并应用到电话通信网络系统中，推动了电话事业的飞速发展。系统工程的萌芽时期可追溯到本世纪初的 F·W· 泰勒(F·W·Taylor)系统，为了提高工效，泰勒研究了合理工序和工人活动的关系，探索了管理的规律，1911 年他的"科学管理的原理"一书问世后,工业界出现了"泰勒系统"。在第二次世界大战时期，一些科学工作者以大规模军事行动为对象，提出了解决战争问题的一些决策和对策的方法和工程手段，出现了运筹学。当时英国为防御德国的突然空袭，研究了雷达报警系统和飞机降落排队系统，取得了很多战果。在这一时期中，英、美等国在反潜、反空袭、商船护航、布置水雷等项军事行动中，应用了系统工程方法，取得了良好的效果。1940 年至 1945 年，美国制造原子弹的"曼哈顿"计划，由于应用了系统工程方法进行协调，在较短的时间内取得了成功。1945 年，美国建立了兰德公司(RANDCorp·)，应用运筹学等理论方法研制出了多种应用系统，在美国国家发展战略、国防系统开发、宇宙空间技术以及经济建设领域的重大决策中，发挥了重要作用，"兰德"又被誉为"思想库"和"智囊团"。50 年代后期和 60 年代中期，美国为改

变空间技术落后于苏联的局面，先后制定和执行了北极星导弹核潜艇计划和阿波罗登月计划，这些都是系统工程在国防科研中取得成果的著名范例。阿波罗登月计划是一项巨大的工程，从 1961 年开始，持续了 U 年。该工程有三百多万个部件，耗资 244 亿美元，参加者有两万多个企业和 120 个大学与研究机构。整个工程在计划进度、质量检验、可靠性评价和管理过程等方面都采用了系统工程方法,并创造了"计划评审技术(PERT)"和"随机网络技术"[又称"图解评审技术(GERT)"],实现了时间进度、质量技术与经费管理三者的统一。在实施该工程的过程中及时向各层决策机构提供信息和方案，供各层决策者使用，保证了各个领域的相互平衡，如期完成了总体目标。计算机的迅速发展，为该复杂大系统的分析提供了有力的工具。70 年代以来。随着微型计算机的发展，出现了分级分布控制系统和分散信号处理系统，扩展了系统工程理论方法的应用范围。近年来，社会、经济与环境综合性的大系统问题日益增多，如环境污染、人口增长、交通事故、军备竞赛等。许多技术性问题也带有政治、经济的因素，如北欧跨国电网的供电问题。这个电网有水、火、核等多种能源形式，规模庞大，电网调度本身在技术上已相当复杂，而且还要受到各国经济利益冲突、地理条件限制、环境保护政策制约和人口迁移状况的影响，因此，负荷调度的目标和最佳运行方式的评价标准十分复杂，涉及多个国家社会经济因素。该电网的系统分析者要综合这些因素,对 4500 万千瓦的电力做出合理的并能被接受的调度方案，提交各国讨论、协调和决策，这是个典型的系统工程问题。我国近代的系统工程研究可追溯到 50 年代。1956 年，中国科学院在

钱学森、许国志教授的创导下，建立了第一个运筹学小组;60 年代，著名数学家华罗庚大力推广了统筹法、优选法;与此同时，在著名科学家钱学森领导下，在导弹等现代化武器的总体设计组织方面，取得了丰富经验，国防尖端科研的《总体设计部"取得显著成效。1977 年以来，系统工程的推广和应用出现了新局面，1980 年成立了中国系统工程学会，与国际系统工程界进行了广泛的学术交流。近年来，系统工程在各个领域都取得了许多成果。

系统科学(SystemScience)作为一门科学有它产生、发展、形成的过程；而且由于天天科学是一门横断科学，它涉及自然科学中包括数学、物理学、化学等多个学科领域，还涉及到工程技术的多个部门，甚至与社会科学的不少学科也有联系，因此系统科学发展的历史与整个人类发展历史紧密相连。它的产生可以追溯到原始社会。古代人类认识自然界首先就是从对自然的整体认识开始的，也可以说系统科学思想是指导人们认识的第一个理论；而系统科学体系的完整建立又要说道当代科学技术的最新成就，现代科学的每一个理论几乎都被系统科学吸收，并改造成为其自身理论体系中的一个部分。从总体上看来，系统科学的发展大体上经历了三个阶段，即**系统思想产生和形成**；**定量的系统科学方法的建立**；**综合的系统科学体系构建**三个阶段。

定量的系统科学在应用学科层次上的建立

像任何科学的发展都是由生产的发展来促进、都是从对实际应用的研究开始一样，系统科学的发展也是由

于生产的发展,出于客观的需要而使之发展;并且首先进行实际应用的研究。第二次世界大战前后是系统科学应用层次迅速发展时期，并在二次大战以后逐渐形成了系统科学在应用学科层次上的理论---控制论(CYBERNETICS)、运筹学(Operationalresearch);信息论(Information)。二次世界大战似前人们对系统科学应用的研究已经开始，并取得了一定的成就，但那时的研究是孤立的、分散的，局部的。最突出的例子有两个;一个是 A.K.Erlarg 提出的电话平街模型理论。在 20 世纪的年代电话事业日有很大发展，人们在架设电话线路时需要考虑电话的使用效率:线路太少,出现多部电话集中在一条线路上拥挤，无法通话，线路太多又会出现线路长时间闲置，造成浪费。Erlarg 利用对比方法建立模型巧妙地解决了这一问题。他将一个电话通讯系统与一个水的汽液平衡系统相对照，一部电话被拿起使用对应于一个水分子从汽态跑到液态，一部电话停止通话对应于一个分子从液态又回到汽态。已知单位时间一部正在通话的电话用毕的概率为 λ(即通话时间为 1/λ),单位时间电话被使用的概率为 μ 利用汽液平衡时,单位时间从液态跑向汽态的分子数与从汽态跑回液态的分子数相同的关系可列出:

$$P_{i-1}\mu = P_i\lambda$$

其中 Pi,表示在系统中有 i 个分子处在液态的概率。将这一细致平衡的普遍关系式反复使用可有

$$P_n = \frac{\mu}{\lambda n}P_{n-1} = \left(\frac{\mu}{\lambda n}\right)\frac{\mu}{\lambda(n-1)}P_{n-2} = \cdots = \left(\frac{\mu}{\lambda}\right)^n \frac{1}{n!}P_0$$

由于概率分布满足归一化条件，故

$$\sum_{i=0}^{n} P_i = 1$$

$$\therefore P_0\left(1+\frac{1}{1}\left(\frac{\mu}{\lambda}\right)+\frac{1}{2!}\left(\frac{\mu}{\lambda}\right)^2+\cdots\cdots+\left(\frac{\mu}{\lambda}\right)^n\frac{1}{n!}\right)=1$$

$$P_0 = 1/\left(1+\left(\frac{\mu}{\lambda}\right)+\frac{1}{2!}\left(\frac{\mu}{\lambda}\right)^2+\cdots\cdots+\left(\frac{\mu}{\lambda}\right)^n\frac{1}{n!}\right)$$

令 $\rho = \frac{\mu}{\lambda}$ 则有 *Erlarg* 公式

$$P_i = (\rho^i/i!)/\left(1+\rho+\frac{\rho^2}{2!}+\cdots\cdots+\frac{\rho^n}{n!}\right)$$

利用统计方法计算出的 Erlarg 公式表明在电话机平均使用率 μ 和平均通话时间 1/λ 已知的前题下，给定拿起话机线路畅通的概率(如 P=0.9)时，对于 N 条电话线的线路可装 i 部电话机。通常 μ>λ 户中当我们增加线路 n 时对固定的电话机系统其全部使用的通话概率则大，当增加电话机、其它参数不变时则通话概率降低;这个例子不仅是一个系统工程应用的范例，而且有着重要的实际意义。这里给出的由 Erlarg 公式到现在仍然是电话部门设计通讯线路的基求依据，后来对此类问题研究发展成为排队论的主要内容，而且在解决问题的方法上;建立模型的过程上也为一般系统工程建立模型提供了参考。另一个例子是美国科学家 W.Leontief 提出的投入产出模型。国民经济中各个部门的关系非常复杂:它们相互作为原材料、能源等，一种产品:的多少影响着多种产品的生产,同对又受着多种产品的制约;但是对于大部分产品来讲，在短时期内单位产出的投入量，即生产单位产品对各种生产要素的消耗量，具有相对的稳定性，这是由于各种原料、辅助材料、动力等的消耗量是由生产技术水平、管理水平、自然条件等因素决定的，短期内不会发生根本性的变化;即使有部分产品其消耗系数变化较大，但其变动具有了定规律性，也容易确定。leontief 的投入产出模型是用数学方法和电子计算机

需要全本请访问 www.ertongbook.com

来研究各种经济活动的投入产出之间的数量关系。特别是研究和分析国民经济各个部门(各类产品)在产品的生产与消耗之间的数量依存关系"它对于科学的安排、预测和分析经济活动在很大作用。这种方法以 Leontief1936 年发表的《美国经济系统中的投入与产出的数虽关系》论文为代表;以后他又出版了《美国经济结构 1919 一 1929》(1941 年出版)和《美国经济结构研究 M1953 年出版刀这些论文和著作不仅系统地提出了投入产出方法，并且根据美国公布的;经济统计资料编制了美国经济的 1919、1929、1939 年的投入产出表。投入产出方法在经济分析中起了重要的作用，Leontief 因此获得了 1973 年的诺贝尔经济科学奖，他所提出的方法也在世界各国普遍得到采用。二次世纪大战中八交战备方要求合理使用局部，四起到全局效果最佳，提出了各式备样的实际问题需要解决，大大促进了对实际问题的研究，各种运筹方法、控制方法，博奕方法都得到了很大的发展。由于战争的需要提出了各种实际问题，如何布置炮火防御系统以便更好消灭敌方飞机的空袭，如何搜索目标以便发现潜艇，如何计算火炮发射提前量以便对付高速飞行的飞机等等;这些问题既是实践性非常强的具体问题,又具有很强的理论价值。另一方面大批科学家转到了为国防、军事服务的方向上来;使得一些军事上的科学研究问题得以很快的解决，并从中提出一些新的概念方法。、二战结束以后，科学工作者回到和平环境，他们将战时研究的实际问题进行理论上的提高和升华，建立起了运筹学 (Operationalresearch 简称 OR")、管理科学(ManagementScience)、控制论(Cybernetics)及信息论(InformationTheory)等系统科学在应用基础层次上的

学科群体。具体地反映为，第二次世界大战期间从事雷达和防空火力控制系统研究的 N·维纳(N·wiener)在1948 年出版了名著《控制论，或关于在动物和机器中控制与通信的科学》建立了控制论;美国数学家中 C.E.申农(C·E·Shannon1948 年发表了论文《通信的数学理论》，1949 年发表了论文《噪声中的通信》，此两篇著名论文奠定了信息论的基础;50 年代出版了各种运筹学方法的著作和论文，其中美国的 H.H，古德和 R.E.麦克霍尔出版了第一本以系统工程命名的专著。以后迅速发展，现已成为适应性非常强，有完整数学理论的一些技术性学科，这些学科的建立使系统科学从思辩的方法论的层次己经发展成为定量的拟数学科学为基础的学科。一门学科的发展必须要有经济技术作为动力。一次大战以后"生产和科学的进一步发展从两个角度把系统种学重新摆到人们面前，一方面生产规模的扩大，单纯依靠增加劳动强度巴不可能再提高生离龙由产自动比要求组织现代化，某项生产任务的完成要求多个部门配合，美国阿波罗号字宙飞船均设计制作势年五上百万人、二百多所大学。一百多家公司共同研制、耗资 240 亿美元;在这个项目中;依靠科学家个人创造性劳动的成果逐渐变少,大多是有目标，多学科。大批专家的联合攻关研究，其中关键在于组织、协调，在于各个生产工序的衔接，在于如何使整体达到最优，也就是利用系统科学的思想，利用系统科学的方法进行研究。生产。另一方面、由于自然资源有限廓场有限。经济发展相生产提高不仅是经济。生产本身的问题，还要研究整体优化、资源配置、社会持续发展等问题;要从生产和消费、资金和劳动力、资源利用与环境污染年多个方面来分析问题"，要从自然科

学、社会科学多个角度来研究分析问题;就是在经济发展本身，资本主义初期的自由竞争已逐渐发展成现代国家宏观调控手段加强，对生产财富进行二次分配，特别是国际贸易使世界各国的经济发展也成为二个整体。这种种情况表明系统科学所提倡讨论的整体与局部的关系、整体优化等理论已经成为生产科学发展由强大理论支柱。这一阶段系统科学发展的特点在于 1.数学工具大量应用，系统科学已经从方法论的科学变成了一门实际应用的科学，一门精确的科学，2.技术基础的研究、应用技术的研究发展很快，针对各式各样的问题，人们提出了各式各样的方法，这些方法在解决实际问题对其有很大的优越性,但是综合的方法:普遍适用的理论还未形成;还未建立起一个理论体系，3.在主导思想上已从原来整体考虑、总体分析。认识事物发展到控制系统使之达到总体的优化，从认识到应用、从整体大于部分之和到部分较劣可达到整体优化。

系统科学(SystemScience)作为一门科学有它产生、发展、形成的过程;而且由于天天科学是一门横断科学，它涉及自然科学中包括数学、物理学、化学等多个学科领域，还涉及到工程技术的多个部门，甚至与社会科学的不少学科也有联系，因此系统科学发展的历史与整个人类发展历史紧密相连。它的产生可以追溯到原始社会。古代人类认识自然界首先就是从对自然的整体认识开始的，也可以说系统科学思想是指导人们认识的第一个理论；而系统科学体系的完整建立又要说道当代科学技术的最新成就，现代科学的每一个理论几乎都被系统科学吸收，并改造成为其自身理论体系中的一个部分。从总体上看来，系统科学的发展大体上经历了三个阶段，即

系统思想产生和形成；定量的系统科学方法的建立；综合的系统科学体系构建三个阶段。

现代系统科学体系建立

物理学中耗散结构理论，协同学提出了解决复杂自然系统的理论、方法、为统一自然系统和社会系统建立系统科学准备了材料。物理学以前讨论的系统是可逆的、退化的,牛顿第二定律;热力学第二定律判定了系统的演化万向和特点。这类自然系统的演化方向与生物界、社会科学中普遍存在的发展;进化等演化现象相矛盾,人们无法用统一的方法来研究自然界系统与社会系统。

A.Kyre 在《牛顿学说的综合观念和影响》一文中写到："我曾经说过，现代科学早已把分割天体和地球之间的壁垒推倒，并且由两者结合起来，统一成为一个整体宇宙。这是千真万确的。但是我还曾经说过，现代科学对宇宙进行的研究表明;它研究另外一个世界,即量的世界，一个奇妙的几何世界，在这个世界中一切事物都有其位置，但是却没有人的位置，它用这个世界取代我们赖以生存、爱慕。传宗接代、充满感性认识的质的世界:。"两个世界，也可以说两个真理;或者说没有任何真理。"另一位科学家 E.P.Wigner 也表示了类似的看法:"近代科学中最重要的间隙是什么?显然是物理科学同精神科学的分离，实际上物理学家和心理学家之间毫无共司之处，-----或许，物理学家为心理学方面较肤浅的讲究提供的某些工具可以除外，而心理学家警告物理学家要小心以免所隐藏的欲望影响他的思考和发现。"

I.Prigogine 提出耗散结构理论;开放系统在远离

平衡态时，由于同外界进行物质、能量、信息的交换，可以形成某种有序结构。在自然界的物理、化学系统中可以发现存在着与生物学一样的进化现象，并可以利用耗散结构来统一进行讨论。

H.Haken 提出协同学，认为复杂系统的相变是弗于子系统之间的关联、协调作用的结果，协同学中的序参量概念和役使原则理论是解决系统向有产方向演化的有效方法。在讨论自然系统向有序方向演化的问题时，人们还运用数学上的突变论、微分方程的稳定性理论，生物学中的超循环理论等，在研究非线性系统演化时，人们又提出混沌、分岔分形等新概念并发展了相应的理论。所有这些自然科学的新概念、新方法、新理论它们有一个共同特点:就是讨论复杂的自然系统当其内部各子系统之间相互作用为非线性互作用时呈现出来的演化的新现象，通过分析可以看到，它们既适用于讨论自然现象(它们本身是从对自然现象的研究申发现并总结的);又适合讨论某些社会现象，它们可以作为讨论自然与社会两类完全不同的客观现象的统一理论。虽然这些内容并不是系统科学本身的理论，但是它们可以作为构建系统科学基本理论的主要内容之一。我们认为只有在自然科学研究比较深入，提出上面所列举的一些理论之后，系统科学的理论才能建立-,并且在这样一些新的理论提出以后，人们也希望将它们进一步深化，使之成为解决普遍的一般复杂系统的系统理论。下面的内容我们就是将上述自然科学新内容充实、修正，使之成为系统理论的一部分，当然这些工作还仅仅是一个开始，人们还需要在今后的研究中真正完成建立系统理论的任务。

另外，复杂的生产任务的提出，大系统、巨系统、

分布参数系统等研究提出的新问题，加快了系统科学应用层次上的发展。传统的以传递函数方法研究单机自动化的古典控制论，发展成甩状态空间概念、动态规划、卡尔曼滤波、极大值原理等组成的现代控制理论，用以解决多机自动化，整个工厂自动化的问题。非线性规划、整数规划以及博奕论、随机过程分析等大量新的非线性的运筹学方法，以及现代信息理论和信息技术都使控制论、运筹学、信息论，这些系统科学在技术基础层次上的学科发展得更成熟更完善，这也为系统科学体系的建立准备了大且丰富的材料。"

在具体应用方面人们更多地注重研究社会系统、经济系统，针对对这类有人参与的系统的分析，专家们提出将理论分析与计算机结合采用定性定量相结合的综合集成研究方法，最近文提出人机结合，从定性到定量的科学研讨厅体系，使我们有可能解决社会大系统的演化问题。综上所述我们看到在系统科学的基础理论、技术基础、应用技术三个层次近年来都有了巨大的发展。并且我国著名学者钱学森教授在 80 年代提出了系统科学体系的框架，分析了在不同层次上的学科内容，提出了它们之间的联系,使系统科学走上了全面发展的新阶段。

系统科学理论体系现在正处在一个飞速发展的阶段，这个阶段的特点表现为：

1.各种与系统科学有联系的理论在相应的学科中有着很大发展，混沌、分形等非线性科学已经成为当前科学发展的前沿之一。随机控制，多层次、多目标复杂系统的递阶控制也已是自动化领域中的研究热点。

2.综合不同学科中的先进理论，构建系统科学理论框架工作已经展开，分析不同学科领域中理论之间的差

需要全本请访问 www.ertongbook.com